矿 床 地 质
1999 年 MINERAL DEPOSITS 第18 卷 第4 期

浙闽粤滨海地区成矿演化和矿床时空分布的控制因素*

徐晓春 岳书仓
(合肥工业大学资源与环境科学系, 合肥)

提 要 浙闽粤滨海地区中生代的成矿作用主要与岩浆作用有关, 矿床在空间上有明显的分带性, 在时间上具有明显的迁移性, 但这种成矿分带和迁移完全不同于东太平洋安第斯和美国西部平行于俯冲带或垂直海岸线的成矿分带和迁移模式。区域中生代矿床的时空分布和成矿演化明显受着区域构造应力作用方式、岩浆作用特征、赋矿地层和岩石的含矿性特征以及成岩成矿后的风化剥蚀程度等因素的制约。

关键词 矿床时空分布 成矿作用演化 控制因素 浙闽粤滨海成矿带

位于丽水-海丰断裂带以东的浙闽粤滨海地区, 矿床分带与海岸线相交, 从矿种和矿床成因上看由南向北分带明显: 矿带南部的粤东地区以锡、钨矿床为特色, 伴有 Ag、Pb、Zn、Cu、Au 多金属矿化; 中部闽东地区有中小型铜、钼矿床产出; 北部浙东地区则以 Ag-Pb-Zn 为特色 (图1)。区内主要发育与中生代火山-侵入杂岩有关的浅成热液矿床, 矿带南部以中温、中高温岩浆热液矿床为主, 中部产有次火山热液型、斑岩型矿床, 北部则以中低温 (火山) 热液 (泉) 矿床为主。从成矿时代上看, 成矿作用有自南向北的迁移性, 与区域火山-侵入杂岩的成岩作用迁移性一致, 南部粤东地区成岩时代较早, 成矿时代也较早, 北部浙东地区成岩时代较晚, 成矿时代也较晚。

1 区域构造应力作用方式与成矿

浙闽粤滨海地区中生代的成岩成矿作用发生于中国东南大陆多个微陆块碰撞拼贴之后, 由特提斯构造域向古太平洋构造域转换, 即由古特提斯洋关闭, 华夏陆块西南部一些离散地体的碰撞拼合转为古太平洋板块对欧亚大陆板块的北东向走滑-斜向俯冲的构造应力背景下, 形成了两个构造域 3 个不同时期的岩浆作用和成矿作用, 即早期特提斯构造域大规模陆内挤压 ($176\times10^6\sim155\times10^6$ a) 时期, 中期古太平洋构造域伸展走滑 ($150\times10^6\sim125\times10^6$ a) 和晚期扩张裂解时期 ($125\times10^6\sim50\times10^6$ a)[1]。这种复合动力学效应在南部粤东地区表现尤为明显, 表现在区域构造上不仅发育 NE 向的断裂构造, 而且发育 EW 向深大断裂, 共同构成粤东特有的菱形断块构造, 而且成岩成矿受这些断裂的共同控制。在矿带北部的浙东地区则以 NE 向走滑断裂系对成岩成矿起主导的控制作用。根据对美国西部、安第斯、俄罗斯

* 国家教委博士点基金资助项目 (930709)
第一作者简介: 徐晓春, 男, 1961 年生, 教授, 矿床学及岩浆岩石学。邮政编码: 230009
1998-09-21 收稿, 1999-04-23 修改回

http://www.kcdz.ac.cn

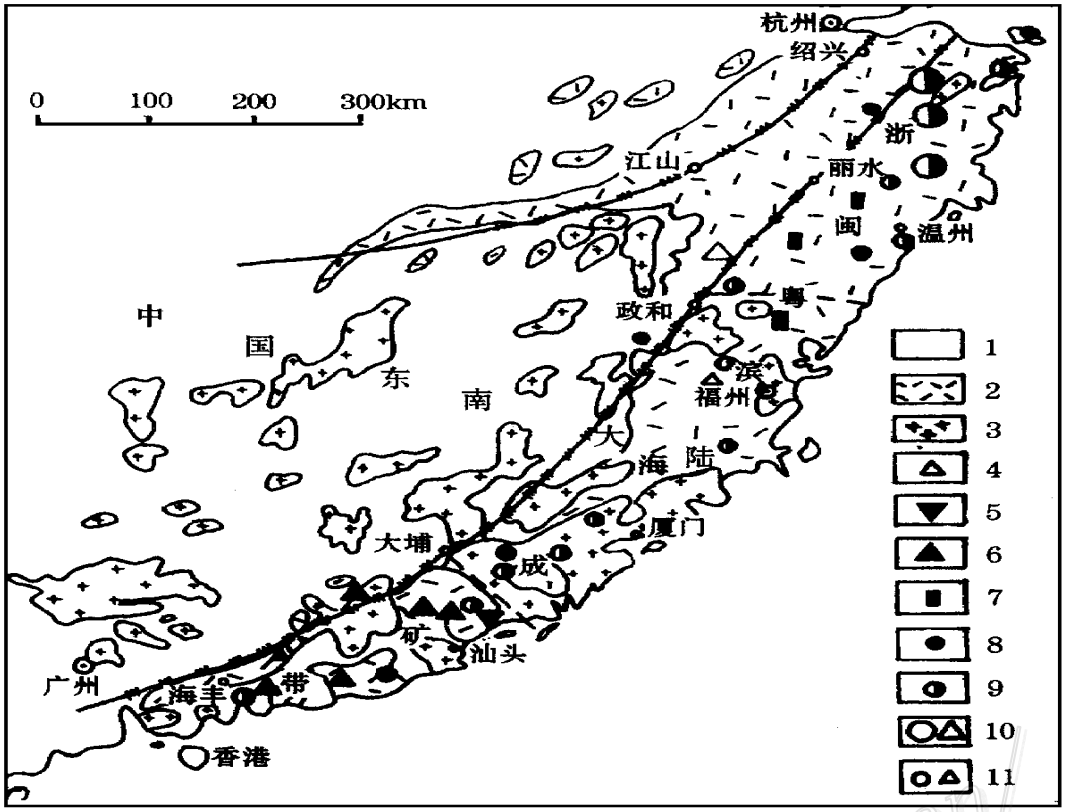

图 1　浙闽粤滨海成矿带主要金属矿床分布示意图

(据王文斌资料修编)

1 —火山岩系基底；2 —火山岩；3 —花岗岩；4 —金矿床；5 —钨矿床；6 —锡矿床；7 —钼矿床；8 —铜矿床；9 —铅锌（银）矿床；10 —大中型矿床；11 —小型矿床

Fig 1 . Distribution of main ore deposits in eastern Zhejiang-Fujian-Guangdong coastal metallogenic belt .

1 —Basement of volcanic rocks ; 2 —Volcanic rocks ; 3 —Granites ; 4 —Gold deposits ; 5 —Tungsten deposits ; 6 —Tin deposits ; 7 —Molybdenum deposits ; 8 —Copper deposits ; 9 —Silver-lead-zinc deposits ; 10 —Large and middle size deposits ; 11 —Small size deposits .

和中国东南大陆成矿带的对比，尽管四者的主要成矿时代差异较大，但其共同特征是 W、Sn 矿化时代集中在相对挤压阶段，Pb-Zn-Ag 多金属矿化时代处在相对伸展松驰阶段，而 Cu-Au 矿化则与扩张裂解阶段关系密切[1]。表现在浙闽粤滨海成矿带上，南部粤东地区既有受南北向陆内挤压形成的 W、Sn 矿化，同时伴有伸展松驰阶段的 Pb-Zn-Ag 多金属矿化和扩张裂解阶段的 Cu-Au 矿化，往矿带北部则逐渐过渡为以伸展松驰和扩张裂解阶段的矿化为主。

2　火山-侵入杂岩岩浆活动与成矿

浙闽粤滨海地区中生代的岩浆活动起始于 180×10^6 a 的晚侏罗世，止于 70×10^6 a 的晚

白垩世。对照中国东南大陆火山活动旋回和侵入期次的划分[2,3]，区内发育 4 个旋回的火山活动，对应有两套侵入岩。

第Ⅰ旋回和第Ⅱ旋回火山岩组成下火山岩系，为高钾钙碱性系列的（安山岩）-英安岩-流纹岩组合，同位素年龄为 $175\times10^6\sim140\times10^6$ a（粤东区）和 $145\times10^6\sim120\times10^6$ a（闽东、浙东区）。第一套侵入岩明显侵入于下火山岩系中，粤东区主要为二长花岗岩、黑云母花岗岩及细粒花岗岩，它们的同位素年龄为 $165\times10^6\sim140\times10^6$ a；闽东、浙东区主要为花岗闪长岩、闪长岩、石英闪长岩、石英二长岩和花岗岩等，它们的同位素年龄为 $135\times10^6\sim120\times10^6$ a。其后区域发育高钾钙碱性系列玄武岩-流纹岩双峰式组合的第Ⅲ旋回火山岩，粤东区中生代火山岩系同位素年龄为 $130\times10^6\sim125\times10^6$ a，闽东、浙东区为 $105\times10^6\sim100\times10^6$ a。第二套侵入岩在粤东区主要为晶洞碱长花岗岩、黑云母钾长花岗岩、花岗斑岩、透长花岗岩，它们的同位素年龄为 $110\times10^6\sim89\times10^6$ a；在闽东、浙东区主要为碱性花岗岩、碱长花岗岩、黑云母花岗岩和花岗闪长岩等，它们的同位素年龄为 $115\times10^6\sim70\times10^6$ a。第Ⅳ旋回火山岩在粤东莲花山断裂带以东地区未见出露，仅见于研究区以外的北西侧和平长塘，主要为高钾钙碱性系列玄武岩-流纹岩双峰式组合；在闽东、浙东区为高钾钙碱性系列英安流纹岩-流纹岩组合，它们的同位素年龄一般小于 105×10^6 a。纵观区域火山岩和侵入岩的分布，区内岩浆作用有自南向北的迁移性，不同于太平洋东岸美国西部科迪勒拉和安第斯火山岩带中岩浆作用自沿海向内陆垂直海岸线方向的迁移性。而且浙闽粤滨海地区火山-侵入杂岩中安山岩类所占比重甚少，玄武岩-流纹岩双峰式火山岩也仅分布于局部地区，而流纹质、英安质火山岩类约占 90 %以上。即以酸性岩类为主体，属高钾钙碱性系列，但其不同于破坏性板块边界的挤压性高钾中性岩为主体的安第斯型钙碱性系列，也不同于岛弧低钾中基性岩为主体的钙碱性系列[4~5]❶，更不同于大陆裂谷拉张性岩套，而是大陆挤压后松驰、巨型剪切、断陷或早已存在断裂活化产生的高钾酸性钙碱性系列。晚期双峰式火山岩和 A 型花岗岩则是拉张裂解环境下的产物。

区内酸性钙碱性火山-侵入杂岩的成因类型复杂多样，有 S 型、I 型、S-I 过渡型及 A 型[4~5]❶。从时间上看，由早至晚由 S 型、S-I 过渡型向 I 型、A 型过渡；从空间上看，由南部粤东区以 S 型、S-I 型为主，向北部闽东、浙东区逐渐过渡为以 I 型、A 型为主。反映南部粤东区火山-侵入杂岩的成岩物质来源以再循环地壳物质为主，仅有少量地幔物质或原生地壳物质的参与，而闽东、浙东区火山-侵入杂岩的成岩物质来源以上地幔物质或原生地壳物质为主，只有少量再循环地壳物质的参与。火山-侵入杂岩岩石成因类型及其在时间和空间上的变化，不仅反映源区物质组成的差异，而且反映区域构造应力场性质由强烈挤压到剪切挤压乃至其后的松驰和弱拉张的阶段性变化。

区内中生代火山-侵入杂岩的成岩作用制约着区域矿床的成矿时代和金属矿产分带。从时代上看，南部粤东地区火山-侵入杂岩的形成时代早，与之有关的矿床成矿时代也较早，成矿时代一般稍晚于成岩时代，成岩成矿时差小（表 1）。受深部岩浆房和岩浆冷却史的控制，成矿作用时间长，多种矿化叠加，矿床垂直方向上多具逆向分带的特点。往北至闽东和浙东地区，火山作用时代较晚，岩浆活动的历史也相对较短，与之有关的矿床受火山活动的

❶ 徐晓春，1993，粤东地区中生代岩浆作用和金属成矿的地球化学研究，合肥工业大学博士学位论文

热力影响，矿床形成时代明显滞后于成岩时代，成岩成矿时差较大，成矿的历史也可以较长。从火山-侵入杂岩的成因类型及其含矿性与成矿作用关系来看，南部粤东地区发育 S 型、S-I 型火山-侵入杂岩，其源岩物质以再循环地壳物质为主，与 W、Sn 矿化关系密切。而且火山岩的 W、Sn 丰度较高（表 2），侵入岩 W、Sn 丰度更高，平均 13.01×10^{-6} 和 7.76×10^{-6}，是地壳 W、Sn 平均丰度值 1.3×10^{-6} 和 2.0×10^{-6}（泰勒，1964）的 2～10 倍，因此粤东区发育钨、锡矿床。区域中生代火山岩 Cu、Pb、Zn 的背景值相近（表 2），因此，不仅北部浙东地区发育 Cu、Pb、Zn 多金属矿化，而且南部粤东区也伴有 Cu、Pb、Zn 矿化。

表 1　一些矿床与有关岩浆岩同位素地质年龄对比

Table 1. Isotopic geological ages of some ore deposits and their related magmatic rocks

地区	矿床	成矿年龄		成岩年龄	
		样品与方法	年龄值/10^6 a	样品与方法	年龄值/10^6 a
粤东地区①	厚婆坳锡银多金属矿床	含锡硫化物矿石全岩 Rb-Sr 等时线 早阶段矿石中绢云母 ^{39}Ar-^{40}Ar 坪年龄 早阶段矿石中绢云母 ^{39}Ar-^{40}Ar 等时线	149.99±7.04 145.8±1.43 145.44±1.88	二长花岗岩锆石 U-Pb 二长花岗岩全岩 U-Pb 二长花岗岩全岩 Rb-Sr 等时线	149 155±15 144.94±9.41
	莲花山钨矿床	云英岩中白云母 K-Ar	113.2～119.5	黑云母花岗岩全岩 Rb-Sr 等时线 石英斑岩全岩 Rb-Sr 等时线 黑云母花岗岩中黑云母 K-Ar	137.20±2.92 135.80±7.32 107.7～113.1
	西岭锡矿床	含锡绢英岩全岩 K-Ar 锡矿石 K-Ar	98.8±2.9 84.4	碎斑熔岩全岩 K-Ar 碎斑熔岩全岩 Rb-Sr 等时线	93.3，100±2.45 152±4 150.87±5.11
浙东地区②	后岸银矿床	含矿次生石英岩全岩 K-Ar	74.9～84.7	火山岩全岩 Rb-Sr 等时线	115
	千官岭金银矿床	含矿次生石英岩全岩 K-Ar	68.6	火山岩全岩 Rb-Sr 等时线	115
	大岭口银铅锌矿床	蚀变岩全岩 K-Ar	100	火山岩全岩 Rb-Sr 等时线	115

①引自文献[6]；②引自文献[7]

表 2　中生代火山岩成矿元素丰度

Table 2. Contents of metallogenic elements of Mesozoic volcanic rocks in the region

地　区	Cu/10^{-6}	Pb/10^{-6}	Zn/10^{-6}	W/10^{-6}	Sn/10^{-6}	U/10^{-6}
浙　东	2～45	8～56	15～10			1～10
闽　东	10	16～80	15～10			1～11
粤　东	8～20	16～44	85～160	3.05	4.19	1～17

注：引自文献[1]

3　火山岩基底地层特征与成矿

浙闽粤滨海地区火山基底地层发育较全，其中赋矿地层主要为 3 个时代：中、上元古界

http://www.kcdz.ac.cn/

的麻源群、龙北溪组；上古生界的中石炭统；中生界的下三叠统溪口组，上三叠统小坪组、梨山组，下侏罗统金鸡组。由不同时代地层含矿性特征（表 3）可以看出，它们对区域 Ag-Pb-Zn 矿化起着控制作用。龙北溪组和中生界 Ag 的背景值普遍高，是全区普遍发育银矿化的物质基础，而区域北部浙东、闽东区的 Au 矿化可能与其区内出露的变质基底地层 Au 的高含量有关，区域南部粤东区的 Sn 矿化与金鸡组 Sn 的高含量有关。因此，浙闽粤滨海成矿带成矿作用特征是区域火山岩和基底地层含矿性特征的反映。

表 3 不同时代地层含矿性特征

Table 3. Ore potentiality of different strata in the region

地 层	岩 性	Sn/10^{-6}	Pb/10^{-6}	Zn/10^{-6}	Ag/10^{-6}	Au/10^{-9}
麻源组(Pt)①	变粒岩、片岩、大理岩	4.7 ~ 7.85	21.4 ~ 34.1	101.6 ~ 111.2	0.42 ~ 0.54	2 ~ 4
龙北溪组(Pt)②	大理岩、绿片岩	3.73	55.29	75.77	1.11	3.0
中石炭统(C_2)②	石灰岩、粉砂岩、硅质岩	6.71	23.3	73.51		1.5
溪口组(T_1)②	泥质粉砂岩、灰岩	8.86	29.96	94.87	0.12	2.10
小坪组(T_3)③	砂岩、粉砂岩、页岩	10±	188	68	0.52	2.79
梨山组(T)②	砂岩、砂页岩夹火山岩	7.99	33.81	93.28	0.11	1.4
金鸡组(T_1)③	砂岩、粉砂岩、页岩	12.4	63	71	0.18	2.00
地壳克拉克值④		1.7	12	94	0.07	
全球页岩平均值⑤		6	20	95	0.07	
全球砂岩平均值⑤		0.12	7	15	0.012	

①据李文达等,1998[1]；②据王文斌,1990；③据汪东坡,1986；④据黎彤,1981；⑤据 K K Turekian and K H Wedepohl, 1961

4 区域成岩成矿后的剥蚀程度与矿床分布

根据区内火山-侵入杂岩岩相和赋矿地层研究,以及成矿的物理化学条件分析,区内与火山-侵入杂岩有关的热液矿床形成深度较浅,一般小于 3 km,属浅成热液矿床。然而中生代成岩成矿以来,本区长期隆升,一直处于大陆剥蚀状态。由于剥蚀程度的差异,矿床垂直分带残留在地表的部分在平面上的分布就显得更复杂[8]。同时也造成了在矿带不同部位矿床的成因类型不同。在南部粤东和闽东南地区,花岗岩大面积出露,火山岩仅在若干局限的火山岩盆地中产出,至闽东北和浙东地区基本全由火山岩覆盖(图 1),火山机构保存较完整,仅有少量花岗岩呈小岩株或岩枝产出,反映剥蚀程度由南向北逐渐减弱。从火山-喷发岩年龄上看,由南向北年龄逐渐变新,即南部粤东地区火山喷发活动开始较早(176×10^6 a 左右),因此南部遭受剥蚀的时间长,剥蚀程度较深,而北部火山喷发活动开始时间较晚(145×10^6 a 左右),遭受剥蚀的时间较短,剥蚀程度较浅。现代区域矿床的分布受着中生代成岩成矿以来的剥蚀作用影响,南部粤东及闽东南地区以与花岗质侵入岩有关的岩浆热液矿床为主,矿床受岩浆侵入构造的控制,矿体多产于岩浆侵入体的内外接触带,或岩体向围岩突出部位的裂隙中,或小的岩枝、岩脉中,如粤东厚婆坳 Sn-Ag 多金属矿床[9]。在浙闽粤滨海成矿带的中部发育小型斑岩型铜-钼矿床,矿床多产于斑岩小侵入体顶部及围岩裂隙中,如钟腾斑岩铜矿床,赤路斑岩钼矿床。在矿带北部的浙东地区则以与火山岩有关的低温热液(泉)矿床为主,控制矿床和矿体的

http://www.kcdz.ac.cn/

最重要构造是岩穹-爆发角砾岩-次火山岩所标志的火山通道、破火山口,特别是火山通道和破火山口与长期活动的基底断裂复合部位往往是矿床或主要矿体的赋存部位,如浙东五部铅-锌矿床,大岭口银-铅-锌矿床。

5　结　论

浙闽粤滨海成矿带矿床具有空间上的分带性和时间上的迁移性,其时空分布完全不同于东太平洋美国西部和安第斯火山岩带。区域矿床成矿作用的演化受中生代区域构造应力作用方式的阶段性发展和火山-侵入杂岩岩浆活动演化的制约,构成了区内构造-岩浆-成矿的空间迁移和时间演化特征。同时,成岩成矿前火山岩基底地层含矿性特征和成岩成矿后剥蚀作用程度也影响着矿床的元素组合及空间展布。

参　考　文　献

1　李文达,毛建仁,朱云鹤等.中国东南部中生代火成岩与矿床.北京:地震出版社,1998,1~159.

2　尹家衡,黄光昭,徐明华.粤东中生代火山旋回划分及对比.南京地质矿产研究所所刊,1989,10(4):16~28.

3　毛建仁,苏郁香,陈三元等.东南沿海中生代侵入岩及火山岩的时空关系.南京地质矿产研究所所刊,1989,10(3):44~59.

4　陆志刚,陶奎元,谢家莹等.中国东南大陆火山地质及矿产.北京:地质出版社,1997,198~241.

5　徐晓春,岳书仓.粤东地区中生代火山岩与侵入岩的成因关系及成因类型.合肥工业大学学报,1994;17(4):184~192.

6　徐晓春,岳书仓.粤东地区锡多金属矿床的成矿年龄及矿床成因.见:欧阳自远主编.中国矿物岩石地球化学研究新进展,兰州:兰州大学出版社,1994,347~348.

7　李长江,徐步台,蒋叙良等.中国东南部某些热液矿床的成岩成矿时差序列及有关问题讨论.矿床地质,1992,11(2):107~112.

8　Li Wenda. Mesozoic continental magmatism and its metallogeny in southeast China. Continental magmatism abstracts, IAVCEI Central Assembly, New Mexico, USA, 1989.

9　Yue Shucang, Lei Xinyong, Xu Xiaochun. Tin and tungsten deposits in eastern Guangdong Province, China——discussions based on fluid inclusions and isotopes. Scientia geologica Sinica, 1995, 4(2):221~237.

http://www.kcdz.ac.cn/

FACTORS CONTROLLING THE METALLOGENIC EVOLUTION AND TIME-SPACE DISTRIBUTION OF THE ORE DEPOSITS IN ZHEJIANG-FUJIAN-GUANGDONG COASTAL AREAS

Xu Xiaochun and Yue Shucng

(*Department of Resources and Enviornment Sciences, Hefei University of Technology, Hefei* 230009)

Abstract

In Zhejiang-Fujiang-Guangdong coastal areas, Mesozoic mineralization is mainly related to Mesozoic magmatism. The metallogenic belt has distinct spatial zonation and obvious temporal migration, which, however, are different from characteristics of Andes and western America in the east coast of the Pacific Ocean. The zonation and migration of the former areas intersect the coastline whereas those of the latter areas are parallel to the coastline. The time-space distribution and mineralization evolution of regional Mesozoic ore deposits are controlled evidently by the regional Mesozoic tectonic setting and stress field, the magmatism characteristics, the ore potentiality of regional sedimentary-metamorphic strata and the denudation after the Mesozoic magmatism and mineralization. The regional magmatism and metallization took place after the collision and collage of micro-landmasses in southeast China continent and under the geological setting of transformation from the Tethyan tectonic region to the paleo-Pacific tectonic region. There are three periods of tectonic movement, magmatism and mineralization, namely the Tehyan tectonic region large-scale intracontinental compression-S type and S-I type volcanic-intrusive complexes-W and Sn mineralization in the early period, the paleo-Pacific tectonic region strikeslip type volcanic-intrusive complexes-Pb-Zn-Ag polymetallic mineralization in the middle period, and the continental spreading and splitting-bimodal volcanic rocks and A type granites-Cu-Au mineralization in the late period. The regional metallogenic characteristics are reflections of ore potentiality of the regional basement rocks of the Mesozoic volcanic rocks. Since the formation of the complexes and ore deposits, this district has been long in the uplifting and continental denudation state. From south to north, the ages of the volcanic-intrusive complexes become smaller and smaller, the denudation time is getting shorter, and the denudation depth turns smaller. As a result, there exists distinct zonation in metallic elements and genetic types. The magmatic-mesothermal W-Sn polymetallic deposits occur mainly in eastern Guangdong (the southern metallogenic belt), the subvolcanic-hydrothermal porphyry Cu-Mo deposits are distributed in eastern Fujian (the middle belt), and the volcanic-epithermal Ag-Pb-Zn deposits are scattered in eastern Zhejiang (the northern belt). The metallogenic evolution is associated with the tectonic-magmatic evolution, and the metallogenic epoch becomes younger and younger from south to north.

http://www.kcdz.ac.cn/